

Original

## ANÁLISIS DEL REMATE DE VOLEIBOL EN JUGADORAS DE ÉLITE

## ANALYSIS OF VOLLEYBALL SPIKE IN FEMALE ELITE PLAYERS

Bermejo, J.<sup>1</sup>; Palao, J. M.<sup>2</sup>; Valadés, D.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Católica San Antonio de Murcia

<sup>2</sup>Universidad de Murcia

<sup>3</sup>Universidad de Alcalá de Henares

Correspondence to:

Javier Bermejo Frutos

Grupo de investigación "Actividad Física, Salud y Deporte"

Universidad Católica San Antonio de Murcia

C/ Progreso, 36B, 30500, Molina de Segura (Murcia)

E-mail: [Javier\\_bermejo\\_frutos@hotmail.com](mailto:Javier_bermejo_frutos@hotmail.com)

**Bermejo, J.; Palao, J. M.; Valadés, D. (2013). Analysis of volleyball spike in female elite players. *AGON International Journal of Sport Sciences*, 3(1), 22-32.**

Received: 28-01-2013

Accepted: 25-03-2013

**RESUMEN**

El objetivo de este estudio fue establecer valores de referencia cinemáticos del remate de voleibol en jugadoras de nivel nacional. Se analizaron un total de 10 remates pertenecientes a 10 jugadoras de voleibol de Superliga Femenina.

Se analizaron 45 variables cinemáticas de la ejecución del remate. Las jugadoras analizadas presentaron valores similares a las jugadoras de la bibliografía de estudios similares en la velocidad del centro de masas (CM) al inicio de la batida y en la altura a la que se eleva el CM durante la batida y difieren en la velocidad del CM al final de la batida, la velocidad lineal de la mano al golpear el balón, la velocidad de desplazamiento del balón tras el golpeo y las variables relacionadas con la caída.

Las jugadoras de voleibol analizadas presentan baja variabilidad en la ejecución a nivel de alturas, velocidades y angulaciones del tren inferior y mayor variabilidad a nivel de angulaciones del tren superior.

**Palabras clave:** Biomecánica, cinemática, remate, voleibol.

**ABSTRACT**

The purpose of this study was to establish kinematic reference values for the spike of female national level players in Spain. A total of 10 spikes from 10 volleyball players of the Spanish top division were analyzed.

A total of 45 kinematic variables were analyzed. The players who were analyzed had similar values to those found in previous studies about the center of mass (CM) speed at the beginning of the take-off and the height to which the CM is raised during the take-off; however, they differ in the CM speed at the end of the take-off, the linear velocity of the hand when hitting the ball, the speed of the ball after the hit and the variables related to the fall.

The volleyball players that were analyzed had lower variability with regard to heights, speeds and angles of the lower body and higher variability regarding angles of the upper body.

**Keywords:** Biomechanics, kinematics, spike, volleyball.

## INTRODUCCIÓN

En voleibol, el remate es la acción de juego con la que más puntos se consiguen y la que más correlaciona con el rendimiento (Palao, Santos, y Ureña, 2004; Zhang, 2000). Esta acción de juego implica la realización de cuatro fases: a) carrera, b) batida + salto, c) golpeo y d) la caída, como una consecuencia de la acción del salto (Abendrtoh-Smith y Kras, 1999; Lucas, 2000; Prsala, 1982; Valadés, Palao, Femia, Padial, y Ureña, 2004). Diferentes estudios muestran que la eficacia mecánica de esta acción depende de dos aspectos: a) la altura a la que se produce el golpeo del balón y b) la velocidad a la que se desplaza el balón una vez que ha sido golpeado (Coleman, Benham, y Northcott, 1993; Gutiérrez, Ureña, y Soto, 1994; Vint y Hinrichs, 2004). En esta línea, los trabajos de investigación del género femenino encontrados en la revisión realizada se han centrado en el estudio de los factores biomecánicos relacionados con los criterios de eficacia del remate: la velocidad del CM en la batida (horizontal y vertical), la elevación del CM durante el salto, el tipo de armado, o la velocidad angular de la mano (Baudin, 1980; Chen y Huang, 2008; Chen, Huang, y Shih, 2011; Huang, Liu, y Sheu, 1998; K. Huang, Hu, C. Huang, Sheu, y Tsue, 2002; Lobietti, Fantozzi, Stagni, y Coleman, 2009; Ridway, 1991; Tant, Greene, y Bernhardt, 1993; Vint y Hinrichs, 2004).

En la revisión bibliográfica realizada sobre el remate de voleibol se han encontrado numerosos estudios que se centran en jugadores masculinos de élite internacionales (Coleman et al., 1993; Cloes, Croisier, Barsin, Ciccarone, y Forthomme, 2004; Forthomme, Croisier, Ciccarone, Crielaard, y Cloes, 2005; Kao, Sellens, y Stevenson, 1994; Kuhlmann, Roemer, y Milani, 2007; Ramón y Zapata, 2005; Shahbazi, Sanders, y Coleman, 2002). Sin embargo, el número de estudios con jugadoras es muy reducido y de diferentes niveles de juego. Además, estos no realizan un análisis completo de la mecánica de ejecución del movimiento, se centran en algunos aspectos específicos de la técnica.

La mayoría de los estudios que analizan la técnica del remate de voleibol en jugadoras de género femenino tienen como objetivo a deportistas en

periodo de formación (U-22). En la tabla 1 se exponen las principales características de los estudios que analizan el remate femenino, especificando el año, las características de las participantes en el estudio, y las variables analizadas.

Esta ausencia de información en categoría femenina limita la capacidad de valorar de forma adecuada la eficacia mecánica a nivel cuantitativa, al no disponer de valores de referencia para la valoración por parte de entrenadores e investigadores. El objetivo de este estudio fue establecer valores referencia de diferentes variables de tipo cinemático en la realización del remate de voleibol para jugadoras de nivel nacional.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Participantes

Se analizaron 10 remates en total pertenecientes a 10 jugadoras de voleibol de Superliga Femenina. Se trataba de una ejecución técnica seleccionada al azar en condiciones de entrenamiento. La edad media de la muestra era de  $23,7 \pm 5,7$  años, con  $11,5 \pm 7,09$  años de experiencia,  $73,64 \pm 5,03$ kg de peso,  $1,82 \pm 0,05$  metros de estatura,  $22,15 \pm 1,08$  de IMC, y  $2,34 \pm 0,06$  metros de alcance a una mano. Cinco de las jugadoras han formado parte de la selección nacional absoluta y otras tres habían formado parte de la selección junior de sus países. Todas las jugadoras han participado en competiciones internacionales europeas de clubes.

### Diseño

Se realizó un estudio con diseño de tipo descriptivo y observacional de la técnica del remate de voleibol de un grupo de jugadoras de élite nacional que realizan un total de cinco remates por jugadora ejecutados de forma continuada y en condiciones de entrenamiento. El criterio para la inclusión de los remates en el proceso de selección aleatorio de uno de ellos fue: que la jugadora no tocara la red, que la recepción del salto no supusiera la invasión del campo contrario, y que el balón botase dentro de los límites del campo.

**Tabla 1.** Estudios que analizan la acción técnica del remate en voleibol en jugadoras de voleibol.

Estudio (por año)	Muestra	VARIABLES analizadas
Baudin (1980)	22 jugadoras de diferentes equipos de Canadá y Holanda	Altura de salto, velocidad del CM, velocidad angular del tren superior
Chung (1988)	8 jugadoras de voleibol universitarias de la liga en USA	Temporalidades, velocidad del balón y la mano, factores que contribuyen a la velocidad, posición angular, velocidades angulares
Wedaman, Tant, y Wilkerson (1988)	50 mujeres universitarias de 14 equipos de USA	Velocidad y ángulo del balón, ángulos absolutos del tren superior, desplazamiento angular, velocidades, aceleraciones segmentarias
Ridway (1991)	6 jugadoras de élite de la Universidad de Illinois y 3 jugadoras amateur	Temporalidades, factores lineales (velocidad de aproximación, de batida, y altura de salto), factores angulares del tren inferior
Huang et al. (1998)	4 jugadoras de élite del equipo nacional Chino de Taipei en los World Student Games rematando a una pierna	Fase de aproximación (velocidad horizontal, ángulo del cuerpo, ángulo de aproximación a la red), batida (duración, velocidad vertical del CM, altura de salto), e impacto con el balón (velocidad del balón, ángulo del balón, ángulo del brazo con el eje vertical en el impacto)
Bowman (2001)	10 jugadoras estudiantes de USA	Efecto del armado vertical y el armado circular sobre la velocidad del balón
Huang et al. (2002)	8 mujeres jugadoras de voleibol voluntarias de China que ejecutan varias formas de salto	Cinemática (altura de salto, duración de la batida, ángulos del tren inferior) y cinética (tiempo de trabajo muscular)
Chen y Huang (2008)	6 jugadoras de voleibol de instituto al ejecutar remates desde diferentes líneas de ataque	Desplazamiento y velocidad del CM, velocidad angular del tren superior, velocidad del balón, y altura de salto
Lobietti et al. (2009)	1 jugadora de voleibol de la primera división Escocesa nivel semi-profesional	Cinemática (desplazamiento del CM, altura de salto, tiempo de vuelo, ángulos del tren inferior) del remate y el bloqueo
Reeser, Fleisig, Bolt, y Ruan (2010)	14 jugadoras de voleibol físicamente sanas de nivel amateur	Biomecánica del tren superior

## Procedimiento

La metodología utilizada se basó en la videogrametría 2D. Se utilizó una cámara de vídeo (Sony Handycam DCR-TRV355) grabando a 50 Hz, ubicada sobre un trípode para asegurar la estabilidad de la imagen, y separada de las jugadoras una distancia de 5 m. Esta cámara se ubicó de forma perpendicular a la dirección principal del movimiento con un tiempo de obturación configurado de forma automática. El zoom de la cámara aseguraba la grabación del último paso de carrera, la batida, el vuelo, el golpeo del balón, y la recepción del salto.

Se filmó un marco de calibración antes y después de cada secuencia de remate. Este marco de calibración estaba formado por dos postes independientes que permitían obtener un total de cinco puntos de control. Las coordenadas de los puntos de control fueron: punto 1 ( $x = 0,000$ ,  $y = 0,000$ ), punto 2 ( $x =$

$100,0$  y  $y = 0,0$ ), punto 3 ( $x = 2,5$  y  $y = 0,000$ ), punto 4 ( $x = 0,000$ ,  $y = 150,000$ ), y punto 5 ( $x = 0,000$ ,  $y = 250,000$ ). El error en la reconstrucción del marco de calibración fue de 0,49 mm.

El desentrelazado de la imagen filmada se realizó a través del programa Pinnacle Studio versión 9.0. El posterior análisis de los remates se realizó en el programa kwon3D versión 3.1. Para la representación de las jugadoras se creó en el programa un modelo de segmentos rígidos de 22 puntos y 14 segmentos, a partir de la propuesta de Soto y Gutiérrez (1996). Además, se añadió un punto que representaba la posición del balón. La digitalización de este modelo jugadora-balón se realizó por un único investigador especialista en la marcación de los puntos anatómicos. La técnica de marcación siguió el criterio propuesto por Bahamonde y Stevens (2006) para incrementar la fiabilidad de este procedimiento, basado en el seguimiento de un punto durante toda la secuencia

antes de pasar al siguiente. Para el cálculo de los CM se utilizaron los parámetros inerciales para mujeres propuestos por De Leva (1996). Una vez obtenidas las coordenadas reales a partir de la digitalización, se

aplicó un filtro Butterworth de 2° orden (frecuencia de corte en 6 Hz) para el suavizado de los datos obtenidos.

**Tabla 2.** Descripción de las variables analizadas en el remate de voleibol femenino.

Fase del remate	Definición	Abreviatura
Ultimo paso carrera	Velocidad horizontal del CM al iniciar el último paso de carrera	VHult
	Longitud del último paso de carrera	Lult
	Distancia horizontal entre los apoyos de batida	Lbat
Velocidad y ángulo CM batida	Velocidad horizontal del CM en el primero contacto del apoyo alternativo de batida	Vhapo1
	Velocidad vertical del CM en el primero contacto del apoyo alternativo de batida	Vvapo1
	Velocidad horizontal del CM en el segundo contacto del apoyo alternativo de batida	Vhapo2
	Velocidad vertical del CM en el segundo contacto del apoyo alternativo de batida	Vvapo2
	Velocidad horizontal del CM al final de la batida	Vhdesp
	Velocidad vertical del CM al final de la batida	Vvdesp
	Velocidad resultante al final de la batida	Vrdesp
	Ángulo de proyección del CM al final de la batida	Acm
Altura CM batida y vuelo	Altura del CM en el primer contacto del apoyo alternativo de batida	Hapo1
	Altura del CM en el segundo contacto del apoyo alternativo de batida	Hapo2
	Altura del CM al final de la batida	Hdesp
	Diferencia entre la altura del CM al final de la batida y el segundo contacto de batida	Hincr
	Altura máxima de elevación del CM durante el salto	Hmax
	Diferencia entre la altura máxima de elevación del CM y la altura al final de la batida	Hvuel
	Altura del CM a la que se produce el contacto de la mano con el balón en el remate	Hgolp
	Altura de la mano cuando contacta con el balón en el golpeo	Hgolp2
	Diferencia entre la altura máxima y la altura del CM a la que se produce el contacto	Halc
	Diferencia entre la máxima altura del CM y la altura del CM a la que se golpea el balón	Hperd
Ángulos extremidad inferior batida	Ángulo mecánico pierna-pie en el primer contacto del apoyo de batida	APPapo1
	Ángulo mecánico muslo-pierna en el primer contacto del apoyo de batida	AMPapo1
	Ángulo mecánico tronco-muslo en el primer contacto del apoyo de batida	ATMapo1
	Ángulo mecánico pierna-pie en el segundo contacto del apoyo de batida	APPapo2
	Ángulo mecánico muslo-pierna en el segundo contacto del apoyo de batida	AMPapo2
	Ángulo mecánico tronco-muslo en el segundo contacto del apoyo de batida	ATMapo2
	Ángulo mecánico pierna-pie al final de la batida	APPdesp
	Ángulo mecánico muslo-pierna al final de la batida	AMPdesp
	Ángulo mecánico tronco-muslo al final de la batida	ATMdesp
Ángulos extremidad superior batida	Ángulo mecánico brazo-tronco en el primer contacto del apoyo de batida	ABTapo1
	Ángulo mecánico antebrazo-brazo en el primer contacto del apoyo de batida	AABapo1
	Ángulo mecánico brazo-tronco en el segundo contacto del apoyo de batida	ABTapo2
	Ángulo mecánico antebrazo-brazo en el segundo contacto del apoyo de batida	AABapo2
	Ángulo mecánico brazo-tronco al final de la batida	ABTdesp
	Ángulo mecánico antebrazo-brazo al final de la batida	AABdesp
Golpeo balón	Ángulo entre los segmentos mano-hombro y hombro-cadera al golpear el balón	Agolp1
	Ángulo entre el segmento mano-hombro y el eje horizontal	Agolp2
	Ángulo mecánico antebrazo-brazo al golpear el balón	Acodo
	Velocidad lineal de la mano previo al contacto con el balón	Vman
	Velocidad de traslación del balón tras el golpeo	Vbal
	Ángulo de proyección del balón tras el golpeo respecto al eje x	Abal
Recepción salto	Ángulo mecánico pierna-pie al recepcionar la caída del salto	APPcai
	Ángulo mecánico muslo-pierna al recepcionar la caída del salto	AMPcai
	Ángulo mecánico tronco-muslo al recepcionar la caída del salto	ATMcai
	Desplazamiento horizontal del CM tras el salto	Lsalt

## Variables

Se analizaron un total de 46 parámetros cinemáticos de eficacia técnica del remate de voleibol. En la tabla 2 se describe cada uno de ellos y la abreviatura utilizada en las tablas de resultados.

## Análisis Estadístico

La estadística descriptiva basada en el cálculo de la media aritmética, la desviación típica, el valor mínimo, y el valor máximo fue realizada en el programa Microsoft Excel 2003.

## RESULTADOS

En relación a la última parte de la carrera de aproximación e inicio de la fase de batida, se analizaron las variables relativas a la velocidad horizontal del CM, la longitud del paso, y la separación entre los apoyos de batida (tabla 3).

**Tabla 3.** Datos descriptivos de variables cinemáticas analizadas en la parte final de la carrera de aproximación e inicio de batida

Variable	Media	SD	Mínimo	Máximo
Vhult (m/s)	2,29	0,72	1,40	4,02
Lult (m)	1,15	0,14	0,83	1,35
Lbat (m)	0,41	0,12	0,16	0,55

En relación a la batida y vuelo, se analizaron los valores de velocidad del CM junto con la proyección vertical del CM al final de la batida (tabla 4), alturas del CM (tabla 5-7), y valores angulares de las articulaciones tobillo-rodilla-cadera (tabla 8) y hombro-codo (tabla 9).

**Tabla 4.** Datos descriptivos de las variables cinemáticas relacionadas con la velocidad del CM en la fase de batida

Variable	Media	SD	Mínimo	Máximo
Vhapo1 (m/s)	2,45	0,38	1,54	3,05
Vvapo1 (m/s)	-1,21	0,59	-1,58	0,33
Vhapo2 (m/s)	2,29	0,43	1,52	3,17
Vvapo2 (m/s)	1,54	0,55	0,15	1,91
Vhdesp (m/s)	0,47	0,28	0,18	1,12
Vvdesp (m/s)	2,55	0,21	2,16	2,94
Vrdesp (m/s)	2,61	0,17	2,41	2,99
Acm (°)	76,98	5,00	63,43	80,53

**Tabla 5.** Datos descriptivos de las variables cinemáticas relacionadas con la altura del CM en la fase de batida y vuelo del remate.

Variable	Media	SD	Mínimo	Máximo
Hapo1 (m)	0,84	0,07	0,74	0,94
Hapo2 (m)	0,73	0,04	0,68	0,78
Hdesp (m)	1,11	0,03	1,06	1,17
Hincr (m)	0,38	0,04	0,34	0,49
Hmax (m)	1,44	0,04	1,35	1,52
Hvuel (m)	0,32	0,05	0,24	0,39
Hgolp (m)	1,43	0,05	1,34	1,52
Hgolp2 (m)	2,47	0,09	2,37	2,67
Halc (m)	1,03	0,06	0,93	1,15
Hperd (m)	0,007	0,009	0	0,03

**Tabla 6.** Porcentajes de las alturas del modelo biomecánico del remate en relación con altura máxima.

Variable	Media	SD	Mínimo	Máximo
Hdesp	45,16%	1,62	43,08%	47,95%
Hvuel	13,19%	2,19	9,83%	15,85%
Halc	41,91%	1,67	39,07%	44,18%

**Tabla 7.** Porcentajes de las alturas del modelo biomecánico del remate en relación con la estatura.

Variable	Media	SD	Mínimo	Máximo
Hdesp	61,63%	2,60	55,78%	64,94%
Hvuel	18,03%	3,11	13,11%	21,71%
Halc	57,25%	3,69	51,66%	62,84%

**Tabla 8.** Datos descriptivos de las variables cinemáticas relacionadas con los ángulos tobillo-rodilla-cadera en la fase de batida del remate.

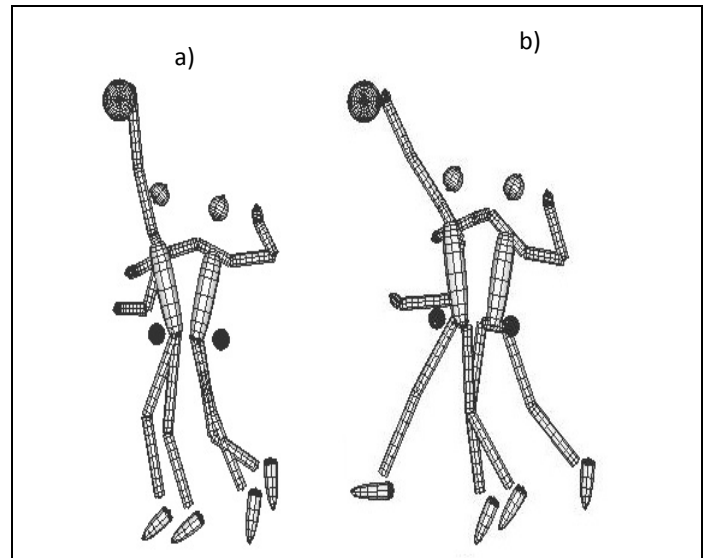
Variable (°)	Media	SD	Mínimo	Máximo
APPapo1 (1A)	106,07	6,91	94,37	113,23
APPapo1 (2A)	115,45	6,50	107,25	128,27
AMPapo1 (1A)	155,49	9,95	152,31	171,54
AMPapo1 (2A)	90,81	14,73	76,05	126,26
ATMapo1 (1A)	125,18	9,69	109,56	137,88
ATMapo1 (2A)	148,34	12,04	133,16	173,67
APPapo2 (1A)	98,72	10,21	77,95	114,89
APPapo2 (2A)	142,11	14,52	117,03	160,92
AMPapo2 (1A)	118,70	7,01	109,65	132,81
AMPapo2 (2A)	154,04	13,58	126,08	174,70
ATMapo2 (1A)	141,41	12,26	125,02	157,11
ATMapo2 (2A)	120,04	6,98	108,27	130,99
APPdesp (1A)	149,84	8,79	134,37	162,47
APPdesp (2A)	154,70	4,49	145,67	162,86
AMPdesp (1A)	167,98	6,98	160,97	179,25
AMPdesp (2A)	172,31	3,58	167,71	178,87
ATMdesp (1A)	202,07	8,46	189,99	218,25
ATMdesp (2A)	168,57	4,18	162,33	175,27

Leyenda: 1A = pierna adelantada; 2A = pierna atrasada

**Tabla 9.** Datos descriptivos de las variables cinemáticas relacionadas con los ángulos hombro-codo en la fase de batida.

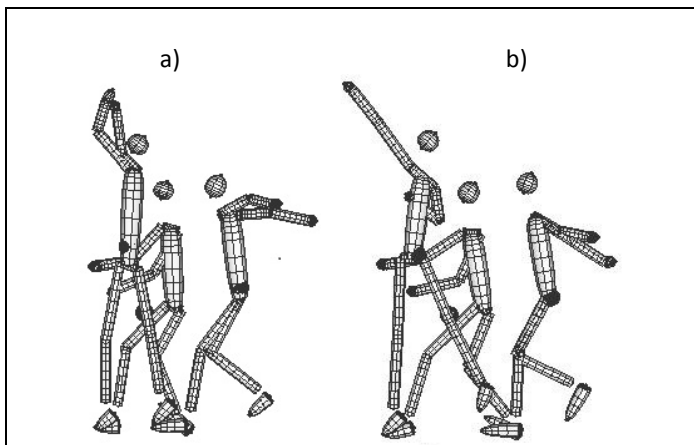
Variable (°)	Media	SD	Mínimo	Máximo
ABTapo1 (3A)	70,51	21,78	46,34	103,96
ABTapo1 (4A)	67,10	33,73	21,50	130,43
AABapo1 (3A)	159,16	18,50	114,44	177,14
AABapo1 (4A)	140,09	20,05	102,88	167,57
ABTapo2 (3A)	35,47	20,21	1,27	57,86
ABTapo2 (4A)	53,75	12,15	28,16	69,57
AABapo2 (3A)	149,41	20,17	130	179,10
AABapo2 (4A)	138,42	28,82	71,01	178,13
ABTdesp (3A)	127,35	40,02	23,05	162,48
ABTdesp (4A)	140,50	28,99	110,88	217,22
AABdesp (3A)	150,26	37,71	46,49	177,84
AABdesp (4A)	126,18	31,78	71,04	178,31

Leyenda: 3A = brazo de la pierna adelantada; 4A = brazo de la pierna atrasada



**Figura 2.** Reconstrucción 3D de la fase de armado y golpeo del balón en dos jugadoras con técnica diferente: a) armado con ángulos más abiertos en la extremidad superior, golpeo por encima de la cabeza, y menor velocidad de la mano al golpear el balón y b) armado con ángulos más cerrados en la extremidad superior, golpeo por delante del cuerpo, y mayor velocidad de la mano al golpear el balón.

En relación a la fase de caída, se analizaron los valores angulares de las articulaciones tobillo-rodilla-cadera y el desplazamiento horizontal del CM (tabla 11).

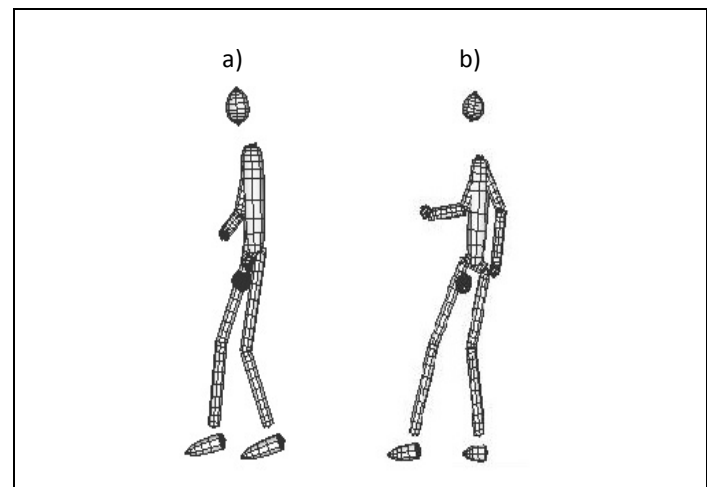


**Figura 1.** Reconstrucción 3D del primer y segundo apoyo de batida de la fase final de batida en dos jugadoras con técnica diferente: a) mayores ángulos articulares, menor separación de los apoyos, y mayor contribución de los segmentos al incremento de la altura del CM al final de la batida y b) menores ángulos articulares, mayor separación de los apoyos, y menor contribución de los segmentos al incremento de la altura del CM al final de la batida.

En relación a la fase de golpeo del balón, se analizaron diferentes ángulos segmentarios de la extremidad superior, velocidad del golpeo, y ángulo de salida del balón (tabla 10).

**Tabla 10.** Datos descriptivos de las variables cinemáticas angulares y espacio-temporales en la fase de golpeo.

Variable	Media	SD	Mínimo	Máximo
Agolp1 (°)	177,56	11,41	163,56	196,63
Agolp2 (°)	71,52	7,79	60,28	86,06
Acodo (°)	147,99	8,07	136,91	162,89
Vman (m/s)	11,43	0,72	10,22	12,42
Vbal (m/s)	18,51	1,95	16,26	22,64
Abal (°)	16,91	4,67	6,84	22,61



**Figura 3.** Reconstrucción 3D de la fase de recepción del salto en dos jugadoras con técnica diferente de caída: a) caída simultánea con menor separación de los apoyos y b) caída alternativa con mayor separación de los apoyos.

**Tabla 11.** Datos descriptivos de las variables cinemáticas relacionadas con los ángulos tobillo-rodilla-cadera y desplazamiento horizontal del CM en la fase de caída.

Variable	Media	SD	Mínimo	Máximo
APPcai (1A)	139,22	11,07	124,79	164,83
APPcai (2A)	130,39	9,82	112,61	144,21
AMPcai (1A)	159,23	7,42	146,89	170,70
AMPcai (2A)	153,09	10,45	139,03	171,41
ATMcai (1A)	162,05	12,26	148,38	181,40
ATMcai (2A)	162,51	12,77	138,34	181,13
Lsalt (m)	0,83	0,13	0,66	1,14

Leyenda: 1A = pierna del brazo de golpeo; 2A = pierna contraria al brazo de golpeo

### DISCUSIÓN

Los valores medios de velocidad del CM al iniciar la batida son próximos a los valores encontrados por Ridway (1991) y Tant et al. (1993). Estos autores fijan la velocidad horizontal del CM en 2,63 m/s y 2,13 m/s, respectivamente. Sin embargo, se alejan de los fijados por Baudin (1980), Chen y Huang (2008), Chen et al. (2011), Huang et al. (1998), y Vint y Hinrichs (2004). Estos autores fijan la velocidad horizontal del CM en valores medios en torno a 3 m/s. En relación a la velocidad vertical del CM al final de la fase de batida, los valores de las jugadoras analizadas se muestran inferiores a los valores de la bibliografía internacional para jugadoras de élite que analizan estos mismos autores. El valor mínimo se encuentra en el estudio de Chen y Huang (2008) con seis jugadoras de instituto (2,63 m/s para el armado frontal y 2,84 m/s para el armado circular) y el valor máximo se encuentra en Vint y Hinrichs (2004) con nueve jugadoras encontrando valores de hasta 3,8 m/s. Exceptuando a Baudin (1980) que analiza a 22 jugadoras de élite (3,37 m/s) y a Ridway (1991) que analiza a seis jugadoras (3,05 m/s), el resto de autores oscilan sus valores encontrados entre 2,70 m/s y 2,80 m/s (Chen et al., 2011; Huang et al., 1998; Tant et al., 1993). Estos autores analizan a seis, cuatro, y cinco jugadoras, respectivamente.

Al comparar la altura a la que se eleva del CM (diferencia entre la máxima altura y la altura al final de la batida) en las jugadoras analizadas en este estudio y las jugadoras analizadas en la bibliografía internacional, se encuentran similitudes en cuanto al valor medio con Chen y Huang (2008), Chen et al. (2010), y Lobietti et al. (2009). Estos autores fijan el

valor de elevación del CM entre 0,30-0,34 m. Para Huang et al. (1998) y Vint y Hinrichs (2004) esta variable representa un valor de 0,37 m y 0,38 m, respectivamente. Esto quiere decir que el valor máximo encontrado en las jugadoras analizadas se encuentra próximo a estos autores. Sin embargo, las jugadoras internacionales parecen que saltan más alto en relación al grupo analizado cuando se comparan con los estudios de Baudin (1980), Huang et al. (2002), Ridway (1991), y Tant et al. (1993). Estos autores fijan la elevación del CM en un rango que oscila desde los 0,46 m hasta los 0,63 m.

Los valores medios registrados de la velocidad del balón tras el golpeo son inferiores a los registrados por Huang et al. (1998) con valores superiores a los 20 m/s. Christopher (2001) y Tant et al. (2003) encuentran valores ligeramente inferiores a los 18 m/s (17,7 m/s y 17,8 m/s, respectivamente), mientras que Bowman (2001), Chen et al. (2011), Reeser et al. (2010) y Wedaman et al. (1988) encuentran valores entre 13-16 m/s, muy inferiores a los del presente estudio. Esto se debe al tipo de muestra que analizan estos estudios (juveniles y universitarias). Los resultados de este trabajo se corresponden con los estudios precedentes de Chen & Huang (2008), Chung (1988), Ferris, Signorile y Caruso (1995), y Valadés, Palao, Femia, Padial y Ureña (2007) que registraron valores entre los 18 y 19 m/s.

En lo referente a la velocidad media de la mano previa al golpeo del balón, las jugadoras analizadas muestran valores inferiores a los encontrados en la bibliografía (Chen et al., 2011; Tant et al., 1993). Sólo dos jugadoras muestran un valor similar a los 12,40 m/s fijados por Chen et al. (2011). El valor de Tant et al. (1993) de 13,80 m/s se aleja de la media analizada.

La caída tras el salto requiere reducir el impacto creado por la energía cinética generada durante el vuelo (Dufek y Zhang, 1996). Sin embargo, son pocas las recomendaciones a nivel cualitativo apoyadas sobre datos cuantitativos procedentes de estudios experimentales. En este estudio, las jugadoras analizadas desplazan su CM horizontalmente 0,83 m de media tras el salto. Este valor se aleja de los 0,40-0,63 m que fijan Chen y Huang (2008) para remates ejecutados desde primera línea de ataque y segunda



línea de ataque, respectivamente. Esto posiblemente se deba a la situación en la que fueron analizados los remates en este estudio (entrenamiento vs competición). Al caer, las jugadoras analizadas registran un ángulo mecánico entre los segmentos pierna-pie de 130-139° de media, entre los segmentos muslo-pierna de 153-159° de media, y entre los segmentos tronco-muslo de 162° de media. Estos valores podrían ser la actuación que las jugadoras que unida al contacto simultáneo de los dos pies con el suelo que les permiten un aterrizaje adecuado desde el punto de vista biomecánico (Kovacs et al., 1997; Márquez, Masumura, y Ae, 2008).

La experiencia es clave en la ejecución técnica. En este estudio la desviación típica entre jugadoras en esta variable es muy alta. Que los años de experiencia sean tan diferentes puede provocar que los patrones técnicos varíen de una jugadora a otra.

En este estudio se analiza a un número de jugadoras similar al que analizan los estudios revisados de la bibliografía internacional. Sin embargo, en estos estudios se lleva a cabo el análisis 3D del movimiento en lugar de un análisis 2D. A pesar de ello, puesto que la ejecución del movimiento se realiza en un plano bidimensional, los resultados que aquí se obtienen pueden ser igual de válidos. Estos valores pueden servir de referencia a entrenadores cuando analizan la técnica de sus jugadoras con software de análisis del movimiento (ej. Kinovea, Dartfish, etc.).

## CONCLUSIONES

El presente estudio aporta valores medios y de dispersión de referencia para población española senior de elite. Las jugadoras analizadas presentan valores similares a las jugadoras analizadas en los estudios revisados en la velocidad del CM al inicio de la batida y en la altura a la que se eleva el CM durante la batida. Estas jugadoras difieren en la velocidad del CM al final de la batida, la velocidad lineal de la mano al golpear el balón, la velocidad de desplazamiento del balón tras el golpeo, y las variables relacionadas con la caída tras el salto. Los datos aportados por el estudio son un punto de partida para tomar al analizar la ejecución de la

técnica de remate de jugadoras. A partir de estos valores de referencia, de la ejecución de la deportista que se analiza, y de la adecuación de lo realizado a los principios mecánicos se puede realizar el análisis de la técnica y el establecimiento de los objetivos de trabajo.

El presente estudio muestra, a partir del análisis de la dispersión de las variables, en que variables de la ejecución de la técnica hay similitud y poca variabilidad entre las jugadoras analizadas (velocidades, alturas, y angulaciones del tren inferior) y en cuales se produce mayor variabilidad (angulaciones del tren superior).

Son necesarios futuros trabajos que estudien la variabilidad de la técnica a lo largo de la temporada y el proceso de formación de las jugadoras, y que analicen cuales de todas las variables que aportan los estudios son las más importantes a registrar y seguir en el tiempo. Son muchos los aspectos que influyen sobre el rendimiento y no es viable que los entrenadores controlen 45 variables para analizar la ejecución del remate de las 12 jugadoras de su equipo. En esta línea, se hace necesario que en la medida de lo posible futuros estudios enlacen los criterios empleados en la valoración cuantitativa con criterios valoración cualitativa, que es la que emplean en su día a día los entrenadores. Esto facilitará el análisis de la técnica y la utilización de los resultados por parte de los entrenadores.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abendrtoh-Smith, J., y Kras, J. (1999). More B-BOAT. The volleyball spike. *Journal of Physical Education, Recreation and Dance*, 70(3), 56-59.
2. Bahamonde, R., y Stevens, R. (2006). Comparison of two methods of manual digitization on accuracy and time of completion. *XXIV Symposium of the International Society of Biomechanics in Sports*. Salzburg: Austria, pp. 680-684.
3. Baudin, J.P. (1980). *A biomechanical analysis of the volleyball spike jump*. Doctoral Thesis. Department of Physical Education. University of Alberta. Edmonton: Canada.

4. Bowman, J.A. (2001). *Effect of two volleyball arm swings on post-impact ball velocity*. Doctoral Thesis. State University of New York. New York: USA.
5. Chen, P., Huang, C., y Shih, S. (2011). Differences in 3D kinematics between genders during volleyball spike. *Proceedings of the Congress of the International Society of Biomechanics*. Bruselas: Bélgica.
6. Chen, Y., y Huang, C. (2008). Kinematical analysis of female volleyball spike. *Proceedings of: XXVI Symposium of the International Society of Biomechanics in Sport*. Seoul: Korea, pp. 617-620.
7. Christopher, G.A. (2001). *Shoulder biomechanics in volleyball spiking: Implications for injuries*. Unpublished Ph. D. Dissertation. Brigham Young University. Provo, Utah: USA.
8. Chung, C. (1988). *Three-dimensional analysis of the shoulder and elbow joints during the volleyball spike*. Unpublished Ph. D. Dissertation. Indiana University, Bloomington, IN.
9. Cloes, M., Croisier, J.L., Barsin, M., Ciccarone, G., y Forthomme, B. (2004). Analysis of the volleyball spike: relationship between several parameters and the speed of the ball. *Proceedings of the 2004 Pre-Olympic Congress. Sport Science Through the Age*. Thessaloniki: Grecia.
10. Coleman, S., Benham, A., y Northcott, S. (1993). A three-dimensional cinematographical analysis of the volleyball spike. *Journal of Sports Sciences*, 11(4), 295-302.
11. DeLeva, P. (1996). Adjustments to Zatsiorsky-Seluyanov's segment inertia parameter. *Journal of Biomechanics*, 29(9), 1223-1230.
12. Dufek, J., y Zhang, S. (1996) Landing models for volleyball players: A longitudinal evaluation. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 36(1), 35-42.
13. Ferris, D., Signorile, J., y Caruso, J. (1995). The relationship between physical and physiological variables and volleyball spiking velocity. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 9(1), 32-36.
14. Forthomme, B., Croisier, J.L., Ciccarone, G., Crielaard, J.M., y Cloes, M. (2005). Factors correlated with volleyball spike velocity. *American Journal of Sport Medicine*, 33(10), 1513-1519.
15. Gutiérrez, M., Ureña, A., y Soto, V. (1994). Biomechanical analysis of the volleyball. *Journal of Human Movement Studies*, 26, 35-49.
16. Huang, C., Liu, G., y Sheu, T. (1998). A three-dimensional analysis of the volleyball one-foot jump spike. *Proceedings of: XVI Symposium of the International Society of Biomechanics in Sport*. Konstanz: Alemania, pp. 196-199.
17. Huang, K., Hu, L., Huang, C., Sheu, T., y Tsue, C. (2002). Kinetic and kinematic differences of two volleyball-spiking jumps. *Proceedings of: XX Symposium of the International Society of Biomechanics in Sport*. Cáceres: Spain, pp. 148-151.
18. Kao, S., Sellens, R., y Stevenson, J. (1994). The mathematical model for the trajectory of a spike volleyball and its coaching application. *Journal of Applied Biomechanics*, 10(2), 95-109.
19. Kuhlmann, C., Roemer, K., y Milani, T.L. (2007). Aspects of a three dimensional motion analysis of the volleyball spike in high level competition. *Proceedings of: XXV Symposium of the International Society of Biomechanics in Sport*. Ouro Preto: Brasil, pp. 47-50.
20. Kovacs, I., Tihanyi, J., DeVita, P., Racz, L., Barrier, J., y Hortobagyi, T. (1997). Foot placement modifies kinematics and kinetics during drop jumping. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(5), 708-716.
21. Lobietti, R., Fantozzi, S., Stagni, R., y Coleman, S. (2009). A biomechanical comparison of jumping techniques in the volleyball block and spike. *Proceedings of: XXVII Symposium of the International Society of Biomechanics in Sport*. Limerick: Ireland.
22. Lucas, J. (2000). *Recepción, colocación y ataque en voleibol*. Barcelona: Paidotribo.

23. Márquez, W.Q., Masumura, M., y Ae, M. (2008). A pilot study on how world-class male volleyball players land after a spike. *Proceedings of: XXVI Symposium of the International Society of Biomechanics in Sport*. Seoul: Korea, pp. 664.
24. Palao, J.M., Santos, J.A., y Ureña, A. (2004). Effect of team level on skill performance in volleyball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 4(2), 50-60.
25. Prsala, J. (1982). Improving your spiking in volleyball. *Volleyball Technical Journal*, 7(2), 57-64.
26. Ramón, G., y Zapata, A. (2006). Análisis cinemático de la fases de doble apoyo y de salto, del remate por la zona 4 de los jugadores de la selección masculina de voleibol de Antioquia, categoría mayores. *Revista Educación física y Deporte*, 25(1), 117-130.
27. Reeser, J., Fleisig, G., Bolt, B., y Ruan, M. (2010). Upper limb biomechanics during the volleyball serve and spike. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, 2(5), 368-374.
28. Ridway, M.E. (1991). Spiking technique of elite and recreational female volleyball players. *Proceedings of: IX Symposium of the International Society of Biomechanics in Sport*. Ames, Iowa: USA, pp. 35-38.
29. Shahbazi-Moghddam, M., Sanders, H.R., y Coleman, S.G. (2002). Initial ball speed and forces estimation at impact ion volleyball and football. *Proceedings of: XX Symposium of the International Society of Biomechanics in Sport*. Cáceres: España, pp. 318-321.
30. Soto, V.M., y Gutiérrez, M. (1996). Parámetros inerciales para el modelado biomecánico del cuerpo humano. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 2, 169-189.
31. Tant, C.L., Greene, B., y Bernhardt, M. (1993). A comparison of the volleyball jump serve and the volleyball spike. *Proceedings of: XI Symposium of the International Society of Biomechanics in Sport*. Amherst, Massachusetts: USA, pp. 344-346.
32. Valadés, D., Palao, J.M., Femia, P., Padial, P., y Ureña, A. (2004). Análisis de la técnica básica del remate de voleibol. *RendimientoDeportivo.com*, N°8.
33. Valadés, D., Palao, J.M., Femia, P., Padial, P., y Ureña, A. (2007). Validez y fiabilidad del radar para el control de la velocidad del remate en voleibol, *Cultura, Ciencia y Deporte*, 6(2), 131-138
34. Vint, P., y Hinrichs, R. (2004). Deterministic Factors of Overall Ball Contact Height During High-Outside Front Row Volleyball Attacks. *Proceedings of: XXII Symposium of the International Society of Biomechanics in Sport*. Ottawa: Canada, pp. 139-142.
35. Wedaman, R., Tant, C., y Wilkerson, J. (1988). Segmental coordination and temporal structure of the volleyball spike. *Proceedings of: VI Symposium of the International Society of Biomechanics in Sport*. Bozeman, Montana: USA, pp. 577-586.
36. Zhang, R., (2000). How to profit by the new rules. *The Coach*, 1, 9-11.